Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 17- 27

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1399 ص. 27-17

خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس (*Paros Variety*) در طبقات مختلف

فرهاد فاتحی[1]- اصغر محمودی[2]- عادل حسین‌پور[3]- هادی صمیمی اخیجهانی[4]

تاریخ دریافت: 1397/12/15
تاریخ پذیرش: 1398/04/02

چکیده

به‌منظور طراحی و ساخت مکانیزم‌های پس از برداشت و جهت طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، داشتن اطلاعات جامع در مورد برخی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و ارتباط بین آن‌ها برای محصول ضروری می‌باشد. تاکنون هیچ‌گونه بررسی در مورد ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی توت‌فرنگی رقم پاروس انجام نشده است. در این پژوهش، توت‌فرنگی رقم پاروس در شش طبقه با نظر فرد خبره بر اساس ویژگی‌های ظاهری از جمله رنگ و اندازه طبقه‌بندی شد. بر این اساس برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی طبقات از جمله ابعاد هندسی، جرم، حجم، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، سفتی و نقطه تسلیم بیولوژیک و همچنین برخی خصوصیات شیمیایی آن‌ها از جمله اسید آسکوربیک، اسدیته، مواد جامد محلول کل و شاخص طعم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد برای طبقات یک الی شش به‌ترتیب، مقادیر میانگین ارتفاع، 29/44، 36/63، 42/48، 26/47، 33/08و 42/07 میلی‌متر؛ قطر، 16/93، 22/73، 26/66، 17/09، 20/51 و 27/88 میلی‌متر؛ جرم، 4/925، 11/909، 21/779، 5/4710، 11/71، 21/437 گرم؛ حجم، 5/227، 12/377، 22/439، 6/357، 13/590 و 24/322 میلی‌متر مکعب؛ چگالی حقیقی، 942/367، 962/499، 970/166، 860/592، 861/623 و 881/513 گرم بر میلی‌متر مکعب؛ سفتی، 10/1، 7/8، 5/2، 28/2، 13/7و 11/5 نیتون بر متر مربع؛ اسید آسکوربیک، 39/53، 44/06، 47/20، 7/25، 7/20 و 13/55 میلی‌گرم درصد گرم محصول و شاخص طعم، 16/3، 13/5، 12/6، 3/6، 3/8 و 5/5 بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی و مکانیکی، سفتی، شاخص طعم و مزه، نقطه تسلیم بیولوژیکی.

مقدمه

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های دانه‌ریز و بومی مناطق معتدله است که طرفداران زیادی داشته و به همین دلیل روز به روز بر سطح زیر کشت آن در سراسر جهان و همچنین در ایران افزوده می‌شود. این میوه به دلیل وجود مقدار فراوانی از ویتامین ث، عناصر معدنی و سایر مواد مورد نیاز بدن اهمیت ویژه‌ای دارد. از میوه توت فرنگی علاوه بر مصرف به صورت تازه، در تهیه ژله، مربا، شکلات، مارمالاد، بستنی، ماست و شیرینی نیز استفاده می‌شود (Taghavi, 2005). ایران با داشتن بیش از 3600 هکتار سطح زیر کشت توت‌فرنگی، مقام بیستم را در بین کشورهای تولید کننده توت‌فرنگی داراست. متوسط عملکرد توت‌فرنگی در ایران برای هر هکتار 10 تن تخمین زده شده است، که نسبت به تولید در کشورهای اروپایی از رشد خوبی برخوردار است (FAO, 2013). بر اساس برآوردهای سازمان جهاد کشاورزی میزان تلفات توت‌فرنگی از زمان برداشت تا زمان ارائه به بازار 25 درصد کل محصول تولیدی است. نبود دانش و مهارت در مدیریت تولید، برداشت محصول، خنک‌کاری، حمل و نقل، بازاریابی، تجهیزات فرآوری و ارتباط بین قسمت‌های مختلف از مشکلات عمده صنعت تولید توت فرنگی می‌باشد (Salami *et al*., 2010).

کیفیت یک مفهوم بشری است که پارمترهای زیادی را در بردارد (Samimi *et al*., 2017). کیفیت میوه به‌وسیله پارامترهای مختلفی تعریف می‌گردد، که مجموعه آن‌ها تصویر کاملی از میوه مورد نظر را ارائه می‌دهد. طبق بررسی‌های گوناگون داده‌هایی از قبیل رنگ، شکل، اندازه و جرم برای مصرف‌کننده کافی نیستند (Abbot, 1991)؛ آن‌ها تمایل دارند اطلاعات بیشتری در مورد میوه‌ای که قرار است خرید کنند، داشته باشند (Voca *et al*., 2008). در مورد توت‌فرنگی کیفیت آن به ظاهر میوه (شدت و توزیع رنگ میوه، شکل، اندازه، عدم خرابی و فساد در بیرون آن)، سفتی و طعم آن (وابسته به مقادیر قند، اسیدهای آلی، فنولیک‌ها و ویژگی‌های مواد معطر فرار) بستگی دارد (Kader, 1991). هر چه محتوای اسید کمتر و مقدار ویتامین ث، مواد جامد محلول و به تبع آن قند بیشتر باشد، میوه دارای طعم بهتری خواهد بود

1 و 2- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تبریز.
3- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه.
4- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.
(* - نویسنده مسئول: Email: mahmoud.as@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.79568

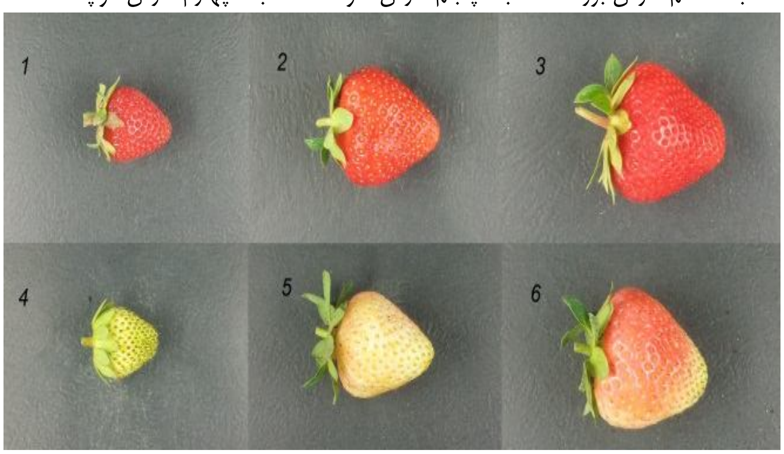
(Mitcham, 1996). مقایسه پارامترهای کیفی 24 رقم توت‌فرنگی نشان داد که اسیدیته، اسید آسکوربیک و اسیدهای آلی، مواد جامد محلول و قند به طور قابل توجهی بین ارقام مختلف متفاوت است (Wang *et al*., 1997). بنابراین بررسی خصوصیات فوق در هر طبقه تا حد قابل توجهی می‌تواند در انتخاب محصول تاثیر داشته باشد. همچنین خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی علاوه بر تعیین کیفیت محصولات، عوامل تعیین کننده در طراحی سامانه‌های حمل و نقل، طبقه‌بندی، بسته‌بندی و فرآوری هستند. برای طراحی و بهینه‌سازی یک سامانه شامل نگهداری، تمیز کردن، انتقال و جداسازی، دانستن خصوصیات فیزیکی و ارتباط بین آن‌ها امری ضروری است (Wojdylo *et al*., 2009; Ozcan and Haciseferogullari, 2007). در پژوهشی برای تشریح خصوصیات ابعادی سه مشخصه طول، عرض و ضخامت توت‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت (Samimi Akhijahani and Khodaei, 2011). در پژوهشی دیگر برای تعیین خصوصیات فیزیکی توت‌فرنگی به اندازه‌گیری طول و قطر توت‌فرنگی اکتفا شد (Ozcan and Haciseferogullari, 2007). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی چهار رقم توت‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن نشان داد که پانزده خصوصیت در بین ارقام به‌طور معنی‌دار متفاوت بوده و واریانس آنها بین 0/36 و 29/68 درصد متغیر بود (Li *et al*., 2014). علاوه بر آن محققان دیگر به صورت محدود در مورد خواص فیزیکی و شیمیایی توت فرنگی با رقم‌های مختلف بررسی‌هایی را ارائه نموده‌اند (Wojdylo *et al*., 2009; Salamat, 2011; Nemzer *et al*., 2018). اما همچنان که اشاره شد این مطالعات به دلایلی نظیر کشت در مناطق محدود، متفاوت بودن واریته‌ها و عدم سازگاری بسیاری از واریته‌ها با منطقه بسیار اندک بوده و هنوز مطالعه جامعی در مورد طبقه‌بندی توت فرنگی به خصوص رقم پاروس که در ایران در سطح زیادی کشت می‌شود، یافت نشد. همچنین با بررسی‌های انجام شده استاندارد بین‌المللی برای طبقه‌بندی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس (که کشت عمده را در ایران تشکیل می‌دهد) بر اساس خواص فیزیکی و شیمیایی یافت نشد. رقم پاروس به دلیل مقاوم بودن میوه در مقابل عوامل طبیعی، سازگاری با منطقه، ماندگاری و انبارداری مناسب و کیفیت رنگ بیشتر مورد توجه کشاورزان منطقه قرار گرفته و کشت عمده منطقه کردستان بعد از رقم کردستان به این رقم اختصاص یافته است. هدف از این تحقیق بررسی خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس و همچنین بررسی ارتباط بین آنها در طبقات مختلف می‌باشد. طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های ظاهری شامل رنگ و اندازه با نظر فرد خبره در شش طبقه صورت خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی مواد آزمایشگاهی

در استان کردستان توت‌فرنگی اغلب در فضای آزاد رشد نموده و سطح زیر کشت رقم تجاری پاروس به دلایل مختلف در حال پیشی گرفتن از سایر ارقام است. بنابراین برای انجام آزمایش‌ها، این رقم از مزارع روستای نشور سفلی از توابع شهرستان کامیاران استان کردستان تهیه شد. انتخاب نمونه‌ها به صورت کاملا تصادفی انجام شد به‌گونه‌ای که یکنواختی در میان میوه‌های انتخابی حفظ شده و میوه‌ها هیچ‌گونه آسیب ظاهری نداشته باشند.

طبقه سوم: رسیده بزرگ   طبقه دوم: رسیده متوسط   طبقه اول: رسیده کوچک
طبقه ششم: نارس بزرگ   طبقه پنجم: نارس متوسط   طبقه چهارم: نارس کوچک



شکل 1- طبقه‌بندی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس
طبقه‌بندی

تغییر رنگ محسوس‌ترین تغییری است که میزان رسیدگی میوه را مشخص می‌کند و در میوه رسیده اغلب با از بین رفتن رنگ سبز در اثر تجزیه کلروفیل و ظاهر شدن یا سنتز رنگدانه‌های دیگر همراه است. آنتوسیانین، رنگدانه توت‌فرنگی است که غلظت آن در هنگام رسیدن افزایش یافته و هماهنگ با تجزیه کلروفیل به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد. برای انجام آزمایش‌ها شش طبقه در نظر گرفته شد. ترتیب طبقه‌ها : در طبقه یک الی سه، سطح محصول دارای رنگ صورتی بوده و فاصله عمودی راس محصول تا غلاف آن به ترتیب کمتر از 3، 3 الی 4 و بیشتر از 4 سانتی‌متر بود. در طبقه 4 و 5 رنگ سطح محصول سفید یا سبز و فاصله عمودی راس محصول تا غلاف آن به‌ترتیب کمتر از 3 و 3 الی 4 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طبقه ششم 20 الی 80 درصد سطح محصول دارای رنگ صورتی بوده و فاصله عمودی راس محصول تا غلاف آن بیش از 4 سانتی‌متر بود (شکل 1).

تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی

اندازه‌گیری ابعاد میوه

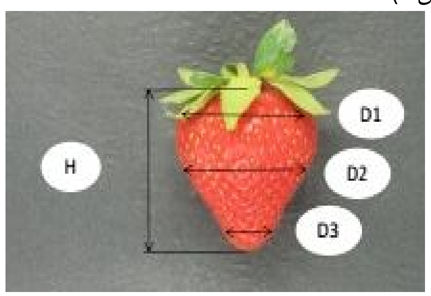
اندازه‌گیری ابعاد میوه برای هر طبقه در ده تکرار به‌وسیله کولیس دیجیتال با دقت 0/01 میلی‌متر به شرح زیر اندازه‌گیری شده و به‌صورت متغیر نسبت به قطرهای مختلف و ارتفاع محصول لحاظ گردید (Salamat, 2011, Samimi Akhijahani and Khodaei, 2011) (شکل 2):

D1: قطر بالایی در فاصله 2 میلی‌متر از غلاف آن

D2: قطر میانی در نقطه وسط از ارتفاع

D3: قطر پایینی در فاصله 2 میلی‌متر از راس میوه

H: فاصله عمودی بین غلاف میوه و راس آن



شکل 2- ابعاد توت فرنگی رقم پاروس

اندازه‌گیری چگالی و تخلخل

چگالی هر ماده جرم واحد حجم آن بوده و بیانگر میزان تراکم ماده در داخل جسم می‌باشد. چگالی بالاتر ناشی از آرایش مولکولی فشرده‌تر است. در این تحقیق دو نوع چگالی (چگالی حقیقی و چگالی ظاهری) برای محصول اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری چگالی حقیقی

چگالی حقیقی از نسبت جرم ماده بر حجم حقیقی آن قابل محاسبه است. به عبارت دیگر چگالی حقیقی، چگالی ماده بدون احتساب خلل و فرج آن می‌باشد. اندازه‌گیری جرم و حجم حقیقی میوه برای هر طبقه در پنج تکرار صورت گرفت. جرم به‌وسیله ترازوی دیجیتال (AND، ژاپن) با دقت 0/001 گرم اندازه‌گیری شد. در یک ظرف مدرج، مقدار معینی آب ریخته، سپس هر نمونه به‌وسیله یک گیره به داخل آب فرو برده شد (روش جابجایی سیال). تغییرات حجم آب نشانگر حجم هر نمونه بود. به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب در محصول، محصول به ماده مقاوم به نفوذ آب و یا به مواد دیگری مانند تولوئن، تترا کلرید و الکل آغشته می‌شود (Razavi and Akbari, 2012) که در این آزمایش از الکل برای این کار استفاده شد.

اندازه‌گیری چگالی ظاهری

چگالی ظاهری از نسبت جرم ماده بر حجم ظاهری آن قابل محاسبه است. به عبارت دیگر چگالی ظاهری، چگالی ماده با احتساب خلل و فرج آن می‌باشد. برای اندازه‌گیری چگالی از هر طبقه نمونه‌هایی جدا گردید و به‌منظور قرارگیری تصادفی نمونه‌ها نسبت به هم از ارتفاع 15 سانتی‌متری به‌وسیله قیف کاغذی داخل استوانه مدرج با وزن و حجم مشخص ریخته شدند و پس از سرریز شدن استوانه، میوه‌های اضافی کنار زده شد و با توزین استوانه مدرج حاوی نمونه‌ها، چگالی ظاهری از تقسیم وزن نمونه‌ها بر حجم استوانه مدرج محاسبه شد (Deshpande *et al*., 1991). این آزمایش برای هر طبقه در 3 تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری تخلخل

تخلخل به صورت میزان خلل و فرج موجود در یک توده از ماده تعریف می‌شود. تخلخل به شکل هندسی، اندازه و ویژگی سطوح مواد بستگی دارد. اگر به ظرف حاوی ماده به صورت پیوسته و ملایم ضربه وارد شود از حجم توده‌ای و بالطبع از میزان خلل و فرج کاسته می‌شود. تخلخل را می‌توان به صورت مستقیم با یک وسیله به نام پیکنومتر هوا اندازه گرفت (Mohsenin, 1986) ولی در این تحقیق، تخلخل از

تقسیم قدر مطلق تفاضل دو چگالی بر چگالی حقیقی به‌دست آمد (Razavi and Akbari, 2012 ;Ghanbarzadeh, 2007):

$$\text{تخلخل} = \frac{|\text{چگالی ظاهری} - \text{چگالی حقیقی}|}{\text{چگالی حقیقی}} \quad (1)$$



شکل 3- دستگاه اندازه‌گیری سفتی و نقطه تسلیم بیولوژیکی

اندازه‌گیری سفتی و نقطه تسلیم بیولوژیکی

امروزه در بیشتر تحقیقات مرتبط با اندازه‌گیری سفتی، ماشین‌های آزمون یونیورسال اینسترون مورد استفاده قرار می‌گیرد (Samimi Akhijahani and Khodaei, 2011). در این آزمایش از دستگاه یونیورسال Zwick/Roell استفاده شد. میوه پس از قرارگیری در وضعیت طبیعی خود با سرعت معین و استاندارد 50 میلی‌متر بر دقیقه تحت فشار قرار گرفت و سفتی و نیروی مربوط به نقطه تسلیم بیولوژیک در رایانه دستگاه ثبت شد (شکل 3). این آزمایش برای هر طبقه در 5 تکرار انجام شد.

تعیین خصوصیات شیمیایی

تمام آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی برای هر طبقه در پنج تکرار به شرح زیر صورت گرفت.

اندازه‌گیری ویتامین ث

برای اندازه‌گیری ویتامین ث، 30 گرم متافسفریک در 80 میلی‌لیتر اسید استیک خالص به همراه آب مقطر حل گردید و حجم آن به یک لیتر رسانده شد. 40 میلی‌گرم از 2و6 دی‌کلروفندونیل سدیم در 150 میلی‌لیتر آب مقطر ولرم حل گردید. 42 میلی‌گرم سدیم بی‌کربنات به آن اضافه گردیده و پس از سرد شدن محلول با آب مقطر به حجم 200 میلی‌لیتر رسانده شد. 200 میلی‌گرم اسید آسکوربیک خالص در 10 میلی‌لیتر متافسفریک 3% حل گردید و با آب مقطر به حجم 100 میلی-لیتر رسانده شد. یک میلی‌لیتر از محلول برداشته شد و دوباره تا حجم 100 میلی‌لیتر رقیق شد. پس از آن 5 میلی‌لیتر از محلول به‌دست آمده برداشته شده و با معرف ایندوفینل 0/04% تیتر گردید تا تغییر رنگ حاصل گردد و به مدت 10-15 ثانیه پایدار بماند. حجم رنگ اضافه شده ثبت گردید و از رابطه (2) اکی‌والان رنگ محاسبه گردید:

(2) مقدار رنگ مصرفی در تیتراسیون اسید آسکوبیک خالص/ 0/5 =اکی‌والان رنگ

به‌منظور اندازه‌گیری ویتامین ث (اسید آسکوربیک)، از روش تیتراسیون با ایندوفینل استفاده شد (Mostofi and Najafi, 2006) و از رابطه ذیل مقدار ویتامین ث بر حسب میلی‌گرم در صد گرم میوه به محاسبه گردید:

(3) وزن میوه/ (100× درجه دقت× اکی‌والان رنگ× حجم رنگ مصرفی)= میزان اسید آسکوربیک

اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته یا اسید قابل تیتراسیون (TA) از روش تیتراسیون با سود 0/1 نرمال استفاده شد (Mostofi and Najafi, 2006) و از رابطه ذیل مقدار اسیدیته به‌صورت گرم اسید سیتریک (اسید غالب توت‌فرنگی) در هر 100 میلی‌لیتر میوه محاسبه گردید (Samec *et al.*, 2016):

(4) مقدار عصاره میوه/ (100× اکی‌والان اسید سیتریک× فاکتور سود× نرمالیته سود مصرفی× مقدرا سود مصرف شده)= میزان اسیدیته

اندازه‌گیری مواد جامد محلول

مواد جامد محلول به وسیله دستگاه رفراکتومتر دستی (ATAGO، ژاپن) و در دمای اتاق اندازه‌گیری شد (Salamat, 2011).

اندازه‌گیری شاخص طعم

شاخص طعم که بالا بودن آن نشان‌دهنده شیرین بودن میوه است (Pelayo-Zaldivar, 2005)، از رابطه زیر به‌دست آمد:

(5) اسیدیته/ مواد جامد محلول کل= شاخص طعم میوه

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق بر پایه طرح کاملا تصادفی صورت گرفت که در آن فاکتور طبقه به‌صورت شش تیمار در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری از هر طبقه به‌صورت کاملا تصادفی انجام گرفت. به‌منظور بررسی اثر طبقه در هر یک از خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی طبقات (تیمارها) داده‌های ثبت شده وارد نرم‌افزار Spss 16 شده، پس از تجزیه واریانس از آزمون F استفاده گردید. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها (میانگین طبقات با هم) از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی

نتایج آنالیز واریانس اثر طبقه بر خصوصیات شیمیایی در جدول 1 آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد تمام خصوصیات شیمیایی اعم از اسید آسکوربیک، اسیدیته، مواد محلول جامد کل و شاخص طعم، به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تاثیر طبقه قرار دارند.

جدول 1- آنالیز واریانس اثر طبقه بر خصوصیات شیمیایی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اسید آسکوربیک	اسیدیته	مواد جامد محلول کل	شاخص طعم
طبقه	5	1817/513**	0/305**	26/410**	155/642**
خطا	24	4/472	0/002	0/175	0/138
کل	29				

* و ** به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns به معنی عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بررسی مقادیر میانگین ویتامین ث برای طبقات مختلف (جدول 2) حاکی از آن بود که بیشترین مقادیر ویتامین ث به‌ترتیب مربوط به طبقات سه، دو و یک است. به عبارت دیگر بیشترین مقادیر ویتامین ث مربوط به میوه‌های رسیده می‌باشد. این نتیجه با تحقیقات مشابه برای به‌دست آوردن میزان ویتامین ث و رابطه آن با رسیدگی میوه در محصولات مشابه سازگاری دارد (Wang *et al*., 1997; Darrow *et al*., 1947). در تحقیقی، مقدار ویتامین ث در مرحله رسیدگی کامل بین 44/88 تا 65/86 میلی‌گرم در 100 گرم میوه تازه توت‌فرنگی به‌دست آمد (Samec *et al*., 2016; Voca *et al*., 2008). همچنین بین طبقات یک با دو و سه، چهار و پنج با شش از لحاظ مقدار ویتامین ث اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر مقدار ویتامین ث با اندازه میوه رابطه مستقیم دارد و با افزایش اندازه میوه (ارتفاع و قطر در جدول 6)، میزان ویتامین ث در میوه افزایش می‌یابد. در جدول 2 مقادیر اسیدیته بین طبقات از 0/55 تا 1/08 متغیر بوده و کمترین مقادیر اسیدیته به‌ترتیب مربوط به طبقات یک، دو و سه است. بدون در نظر گرفتن رسیدگی، اسیدیته برای ارقام مختلف بین 0/5 تا 1/8 گزارش شده است (Strum *et al*., 2003). بر اساس آزمون مقایسه میانگین، اختلاف معنی‌داری بین طبقات یک، دو و سه با طبقات چهار، پنج و شش وجود دارد. به عبارت دیگر با رسیدگی میوه به میزان قند میوه افزوده شده و از اسید سیتریک که 90% اسید توت‌فرنگی را تشکیل می‌دهد، کاسته می‌شود (Salamat, 2011). بین طبقات یک با دو و سه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. مقادیر اسیدیته برای میوه‌های درشت‌تر، به میزان بالاتری گزارش شده است (Abolghasemi *et al*., 2010). مواد جامد محلول تحت تاثیر چند عامل می‌باشند: قندها (به‌عنوان جز اصلی)، اسیدهای آلی و پکتین‌های آلی.

با پیشرفت رسیدگی و افزایش مقدار قند، میزان مواد جامد محلول افزایش پیدا می‌کند. همچنین بررسی مقادیر میانگین مواد جامد محلول کل برای طبقات مختلف نشان داد که بیشترین مقدار مواد جامد محلول کل مربوط به طبقات یک و دو است. بر اساس آزمون مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنی‌دار برای مواد جامد محلول بین طبقات یک، دو و سه و بین طبقات چهار و پنج اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. میزان آن برای طبقات یک، دو و سه بیشتر از طبقات بالاتر به‌دست آمد (تقریبا دو برابر). شاخص طعم یکی از شاخص‌های مهم کیفی می‌باشد. در جدول 2، مقادیر میانگین طعم برای طبقات مختلف نشان داده شده که بیشترین مقدار طعم مربوط به طبقات یک، دو و سه (بین 12/6 تا 16/3) است. مقدار آن برای میوه توت‌فرنگی از مرحله فیزیولوژیکی تا مرحله رسیدگی کامل از 5/5 تا 6/5 گزارش شده است (Strum *et al*., 2003). بر اساس آزمون مقایسه میانگین، اختلاف معنی‌داری برای طعم بین طبقات یک، دو و سه با طبقات چهار و پنج و شش وجود داشت. به عبارت دیگر با افزایش رسیدگی میوه طعم آن بهتر می‌گردد. شاخص طعم بیان‌کننده نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته بوده و همبستگی بالایی با سفتی میوه دارد. ضریب همبستگی سفتی با شاخص طعم، 0/76 و با مواد جامد محلول، 0/67-، گزارش شده است (Salamat, 2011). به‌طور کل طعم یک محصول را به نسبت قند، اسید، ترکیبات

فرار و اثر ترکیبی آن‌ها ارتباط می‌دهند. تغییر طعم میوه رسیده به خاطر قند آن می‌باشد که از کربوهیدرات ذخیره شده (نشاسته) در ساختار آن ساخته می‌شود. این تبدیل دو اثر مهم یعنی شیرین شدن و نرم شدن بافت را به همراه دارد. همبستگی بین میزان قند و مواد جامد محلول در میوه‌های مشابه 0/91 گزارش شده است (Pelayo-Zaldivar *et al.*, 2005). به‌طور خلاصه می‌توان گفت با افزایش رسیدگی میوه توت‌فرنگی تغییراتی در ساختار میوه رخ می‌دهد که باعث افزایش اسید آسکوریک، کاهش اسیدیته, افزایش مواد جامد محلول و قندها می‌گردد (Wang *et al.*, 1997).

جدول 2- آزمون مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنی‌دار برای خواص شیمیایی

ویژگی‌ها	طبقه					
	1	2	3	4	5	6
اسید آسکوربیک (mg/ 100g fruit)	39/53[b]	44/06[a]	47/2[a]	7/25[d]	7/2[d]	13/55[c]
اسیدیته (%)	0/55	0/64[c]	0/67[c]	1/08[a]	1/01[a]	0/99[b]
مواد جامد محلول کل (%)	8/9[a]	8/6[a]	8/4[a]	4/0[c]	4/2[c]	5/5[b]
شاخص طعم	16/3[a]	13/5[b]	12/6[c]	3/6[e]	3/6[e]	5/5[d]

خصوصیات فیزیکی و مکانیکی

نتایج آنالیز واریانس اثر طبقه بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی در جداول 3، 4 و 5 آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس بیان می‌نماید، تمام خصوصیات فیزیکی و مکانیکی به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تاثیر طبقه قرار دارند. به عبارت دیگر برای هر یک از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی (ارتفاع، قطر متوسط، جرم، حجم، چگالی ظاهری و حقیقی، سفتی و نیروی تسلیم) حداقل دو طبقه توت‌فرنگی یافت می‌شود که با سطح معنی‌داری یک درصد در آن خصوصیت با هم تمایز داشته باشند.

جدول 3- آنالیز واریانس اثر طبقه بر ارتفاع و میانگین قطر

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		قطر متوسط	ارتفاع
طبقه	5	448/350**	207/751**
خطا	54	7/066	6/848
کل	59		

* و ** به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns به معنی عدم وجود اختلاف معنی‌دار

آزمون مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنی‌دار برای خواص فیزیکی و مکانیکی در جدول 6 نشان می‌دهد که طبقات یک با چهار، دو با پنج و سه با شش از لحاظ ارتفاع، قطر، جرم و حجم اختلاف معنی‌داری ندارند که نشان داد طبقه‌بندی بر اساس اندازه (کوچک، متوسط و بزرگ) به درستی صورت گرفته است. اما از لحاظ چگالی حقیقی اختلاف بین طبقات یاد شده معنی‌دار می‌باشد. مقایسه مقادیر میانگین چگالی حقیقی نشان داد که بیش‌ترین مقادیر چگالی حقیقی مربوط به طبقه سه و دو و کمترین مقادیر آن مربوط به طبقات چهار و پنج می‌باشد. علت این امر بیشتر بودن مواد جامد محلول در میوه‌های رسیده‌تر و درشت‌تر نسبت به سایر طبقات می‌باشد. با پیشرفت رسیدگی، مقدار چگالی به علت افزایش مواد جامد محلول افزایش پیدا می‌کند. زیرا دانسیته مواد جامد تشکیل دهنده توت‌فرنگی از آب کمتر بوده، با رسیدگی هرچه بیشتر میوه و به عبارت دیگر آب‌دار شدن میوه، مقدار دانسیته افزایش می‌یابد. در تحقیقی در رابطه با میوه نارنگی رقم یاشار مشخص شد که با رسیدگی میوه مقدار چگالی آن افزایش می‌یابد (Fatahi moghadam *et a.l*, 2016). نتایج به دست آمده برای توت فرنگی پاروس با نتایج پیشین مطابقت مناسبی داشت (Li *et al.*, 2014; Rodriguez-Ramirez *et al.*, 2012). برای رقم کردستان مقدار آن بسته به نوع رطوبت از 652 kg/m³ تا 1102 kg/m³ متغیر بود (Samimi Akhijahani and Khodaei, 2011). در جدول 6 تغییرات میانگین مقدار چگالی ظاهری برای طبقه‌های مختلف نشان داده شده است. با توجه به جدول مشخص است که بیش‌ترین مقدار چگالی ظاهری مربوط به طبقه یک و چهار و کمترین مقادیر آن مربوط به طبقه شش و پنج می‌باشد. چگالی ظاهری محصولات کشاورزی

بستگی به عوامل مختلفی نظیر شکل هندسی، اندازه، خواص سطحی، مقدار رطوبت و روش اندازه‌گیری دارد. در مورد توت‌فرنگی هر چه میوه گردتر، اندازه کوچک‌تر (میوه‌های داخل ظرف به هم نزدیک‌تر و خلل و فرج کمتر) و محتوای رطوبتی بیشتر (مواد جامد محلول بیشتر) باشد، چگالی ظاهری بیشتر می‌گردد (Razavi and Akbari, 2012). این میزان برای طبقات یک و چهار به‌ترتیب 561/743 و 498/408 گرم بر میلی‌متر مکعب به‌دست آمد. در جدول 6 نسبت تخلخل برای طبقات مختلف نشان داده که بیشترین مقدار تخلخل برای طبقه سه و شش و کمترین آن برای طبقه یک و چهار می‌باشد. همان‌طور که از جدول6 مشخص است، نسبت تخلخل به‌طور عمده تحت تاثیر اندازه میوه قرار داشته و کمتر تحت تاثیر میزان رسیدگی است. به عبارت دیگر هرچه میوه‌ها ریزتر باشند فضای معین را بهتر پر نموده و فضاهای خالی کمتری برجای می‌گذارند (Razavi and Akbari, 2012 ;Ghanbarzadeh, 2007).

جدول 4- آنالیز واریانس اثر طبقه بر خصوصیات فیزیکی (جرم، حجم، چگالی حقیقی) و مکانیکی (سفتی، نقطه تسلیم)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		جرم	حجم	چگالی حقیقی	سفتی	نقطه تسلیم بیولوژیکی
طبقه	5	272/900**	315/926**	12952/882**	330/704**	2580/165**
خطا	24	1/513	1/627	102/141	14/184	161/893
کل	29					

* و ** به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns به معنی عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول 5- آنالیز واریانس اثر طبقه بر چگالی ظاهری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
		چگالی ظاهری
طبقه	5	16038/805**
خطا	17	148/475
کل	12	

نتایج مقایسه میانگین سفتی طبقات مختلف در جدول 6 نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که به‌ترتیب طبقه‌های سه، دو و یک دارای کمترین مقدار سفتی بوده و با افزایش میزان رسیدگی، مقدار سفتی کاهش پیدا می‌کند. میوه رسیده دارای سلول‌های بزرگ و دیواره سلولی نازک‌تر می‌باشد و همین امر باعث شکنندگی ساختار آن می‌شود. در میوه نرسیده سلول کوچک‌تر و دیواره سلولی ضخیم‌تر است که این امر باعث تشکیل بافت سفت‌تر می‌گردد. با توجه به اینکه میوه‌های رسیده مواد جامد محلول تقریبا یکسانی دارند، بنابراین میوه‌های درشت‌تر (ارتفاع بیشتر) دارای سفتی کمتری خواهند بود. بیشترین میزان سفتی برای طبقه چهار و کمترین آن برای طبقه یک به‌ترتیب با میزان 28/2 و 5/2 نیوتن بر میلی‌متر مربع به‌دست آمد. با رسیدگی میوه توت‌فرنگی، افزایشی در مقدار آنتوسیانین اتفاق می‌افتد که با کاهش محتوای کلروفیل و سفتی همراه است (Kader, 1991). تفاوت‌های سفتی بین میوه‌های نارس و رسیده در حین ذخیره‌سازی انرژی، کاهش می‌یابد (Doving and Mago, 2002). سفتی میوه هلو در گذار از مرحله نیمه رسیده به مرحله رسیدگی کامل، به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Abolghasemi *et al*., 2010). داده‌ها نشان داد که مقدار این کاهش به اندازه میوه بستگی دارد. در تحقیقی که بر روی سفتی میوه توت‌فرنگی و تاثیر آن بر زمان برداشت محصول انجام گرفت، سفتی آن بین 10/4 تا 29/7 نیوتن بر میلی‌متر مربع به‌دست آمد (Salamat, 2011). در جدول 6 اثر طبقه بر نیروی تسلیم بیولوزیک نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین نیروی تسلیم مشخص نمود که به‌ترتیب طبقه‌های چهار، پنج و شش دارای بیشترین مقدار نیروی تسلیم و طبقه‌-های یک، دو و سه دارای کمترین مقداری نیروی تسلیم هستند. جدول 6 نشان می‌دهد که علی رغم کم بودن سفتی طبقه سه نسبت به طبقه یک و دو، مقدار نیروی تسلیم آن بیشتر است. به عبارت دیگر با توجه به آنکه سفتی از تقسیم نیرو به سطح مقطع حاصل می‌شود و علی‌رغم این‌که نیروی تسلیم در نمونه‌های طبقه سه نسبت به طبقه یک و دو بیشتر است اما سفتی آن به دلیل بزرگتر بودن اندازه و سطح مقطع میوه، کمتر است. علت کم بودن نیروی تسلیم در طبقه شش نسبت به طبقه چهار و پنج، رسیدگی کامل‌تر و نرم بودن بافت آن توصیف می‌گردد. بیشترین میزان نیروی تسلیم بیولوژیک 74/5 نیوتن برای طبقه چهار و کمترین آن 13/7 نیوتن برای طبقه یک به‌دست آمد. به‌طور کلی نیروی تسلیم بیولوژیکی با رسیدگی میوه کاهش می‌یابد. نقطه تسلیم بیولوژیکی مربوط به توت‌فرنگی رقم کردستان در رطوبت‌های مختلف از 24 نیوتن تا 103 نیوتن متغیر بود (Samimi Akhijahani and

Khodaei, 2011). علاوه بر آن محصولات مشابه مانند کیوی (Tabatabaikoloor, 2014) و سیب (Gorji Chaksepari *et al*., 2010) نقطه تسلیم بیولوژیکی از 41/5 تا 101/6 متغیر بود.

جدول 6- آزمون مقایسه میانگین کمترین اختلاف معنی‌دار برای خواص فیزیکی و مکانیکی

ویژگی‌ها	طبقه					
	1	2	3	4	5	6
ارتفاع (mm)	29/44a	36/63b	42/48c	26/47a	33/08b	42/07c
قطر (mm)	16/93a	22/73b	26/66c	17/09a	20/51b	27/88c
جرم (g)	4/925a	11/909b	21/779c	5/471a	11/710b	21/437c
حجم (mm^3)	5/227a	12/377b	22/439c	6/357a	13/590b	24/322c
دانسیته حقیقی ($g.mm^{-3}$)	942/367a	962/449b	970/166b	860/592c	861/623c	881/513d
دانسیته ظاهری ($g.mm^{-3}$)	561/743a	430/87b	401/441bc	498/408d	385/318c	376/956c
تخلخل (٪)	40/390	55/232	58/621	42/085	55/280	57/238
سفتی ($N.mm^{-2}$)	10/1ab	7/8ab	5/2c	28/2d	13/7a	11/5ab
نیروی تسلیم بیولوژیکی(N)	13/7a	16/9a	29/7ab	74/5c	50/1b	35/1ab

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عامل طبقه بر روی تمام خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی به‌صورت معنی‌داری موثر است. اما تمام طبقه‌ها در رابطه با یک خصوصیت خاص، الزاما اختلاف معناداری ندارند. در چنین شرایطی بررسی چند خصوصیت برای پیدا کردن تمایز بین طبقات می‌تواند موثر باشد. بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها میزان ویتامین ث بین طبقات دو و سه اختلاف معنی‌دار کم و بین طبقات چهار و پنج اختلاف معنی‌داری نداشت. مقادیر اسیدیته بین طبقات از 0/55 درصد برای طبقه یک تا 1/08 درصد برای طبقه چهار متغیر بود. میزان مواد جامد محلول کل برای طبقات یک، دو و سه از 8/4 تا 8/9 درصد و برای طبقات چهار، پنج و شش از 4/0 تا 5/5 درصد تغییر می‌نمود. با گذر از طبقه یک به سمت طبقه شش میزان شاخص طعم به دلیل کاهش میزان قند و اسید کاهش می‌یابد. نتایج آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LDS) برای ارتفاع، قطر، جرم و حجم در طبقات نشان داد که طبقات یک با چهار، دو با پنج و سه با شش اختلاف معنی‌داری ندارند. کمترین مقادیر چگالی حقیقی برای طبقات چهار و پنج به دلیل نارس بودن و کوچک بودن اندازه به‌دست آمد. همچنین میزان چگالی ظاهری طبقات یک و چهار به دلیل افزایش گردی و محتوای رطوبتی بیشترین مقدار به‌دست آمد. نسبت تخلخل از طبقات یک تا سه از 40/390 تا 58/621 درصد افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد و پس از آن از طبقات چهار تا شش از 42/085 تا 57/238 درصد افزایش می‌یابد. با افزایش رسیدگی میوه میزان سفتی کاهش می‌یابد که بیشترین مقدار آن 28/2 نیوتن بر میلی‌متر مربع برای طبقه چهار و کمترین آن 5/2 نیوتن بر میلی‌متر مربع برای طبقه یک به دست آمد. بیشترین میزان سفتی برای طبقه چهار کمترین آن برای طبقه یک به ترتیب با میزان 74/5 و 13/7 نیوتن مربع به‌دست آمد. در نهایت از داده‌های حاصل شده برای طبقه‌بندی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس بهره گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند برای طراحی و ساخت مکانیزم‌های پس از برداشت و درجه‌بندی محصولات کشاورزی که نیاز به اطلاعات جامع از خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی وجود دارد، استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دارند که از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه تبریز (تحت عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد) برای انجام آزمایش‌ها تشکر و سپاس‌گزاری نمایند.

منابع

Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Journal of postharvest Biology and Technology*, 15: 207-225.

Abolghasemi. R., B. Emadi, M. H. Aghkhani, and S. Beyraghi Toosi. 2010. Determination of the parameters of peach molding using ultrasonic waves. *Journal of Iranian Food Industry Researches*, 5 (1): 63-74. (In Farsi).

Darrow, G. M., M. S. Wilcox, W. D. Scott, and M. C. Hutchins. 1947. Breeding Strawberries for Vitamin C. *Journal of Heredity*, 38: 363-365.

Deshpande, S. D., S. Bal. and T. P. Ojha. 1991. Physical properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56: 89-98.

Doving, A., and F. Mago. 2002. Methods of testing strawberry fruit firmness. *Journal of Acta Agriculture Scandinavica*, 52: 43-51.

Fatahi Moghadam, J., S. E. Seyed Ghasemi, and S. Maadani. 2016. Effect of five basic on the physical, mechanical and chemical properties of yashar variety tangerine fruit during ripening process. *Plant production researches magazine*, 24(2): 109-123.

FAO. 2013. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Retrieved from http://www.fao.org.

Ghanbarzadeh, B. 2007. Physical features of food of food processing systems. Ayyzh. Tehran. (In Farsi)

Gorji Chaksepari, A., A. Rajabipor, H. Mobli. 2010. Strength behaviour study of apples under compression loading. *Modern Applied Science*, 4(7): 173-181.

Kader, A.A. 1991. Quality and Its Maintenance in Relation to the Postharvest Physiology of Strawberry, p. 145-152, In: A. Dale and J.G Luby (editors).

Li, L., B. Li, H. Li Shang, D. Nan Li, X. Jun Meng, G. Hui Huang. 2014. Physical and Chemical Properties of Four Strawberry Cultivars. *Advanced Materials Research*, 1010-1012: 1215-1219.

Mitcham, B. 1996. Quality assurance for Strawberries: A Case Study. Perishables Handling Newsletter Issue No. 85. Pages 6-9.

Mohsenin, N.N. 1986. Properties of Plant and Animal Material. Gordon and Breach. New York.

Mostofi, M. and F. Najafi. 2006. Laboratory analytical methods in Horticultural Science. Tehran University. Tehran. (In Farsi)

Nemzer, B., L. Vargas, X. Xia, and H. Feng. 2018. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. Food Chemistry, 262: 242-250.

Ozcan, M.M. and H. Haciseferogullari. 2007. The strawberry (*Arbutus unedo* l.) fruit. Chemical composition physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering*, 78: 1022-1028.

Pelayo-Zaldivar, C., S. E. Ebeler, and A. Kader. 2005. Cultiver and harvest date effect on flavor and other quality attributes of California strawberries. Journal of Food Quality, 28: 78-97.

Razavi, M.A. and R. Akbari. 2012. Bio-physical properties of agricultural products and foodstuffs. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. (In Farsi)

Rodriguez-Ramirez, J., L. Mendez-Lagunas, A. Lopez-Ortiz, and S. Sandoval Torres. 2012. True Density and Apparent Density during the Drying Process for Vegetables and Fruits: A Review. *Journal of Food Science*, 77(12): 145–154.

Salamat. R. 2011. Study the changes in strawberry Stiffness and determine the appropriate date of harvest. Faculty of Agriculture. Tabriz University, Tabriz. (In Farsi)

Salami, P., H. Ahmadi, A. Keyhani, and M. Sarsaifee. 2010. Strawberry post-harvest energy losses in Iran. *Researcher*, 2: 67-73.

Samec, D., M. Maretic, I. Lugaric, A. Mesic, B. Duralija. 2016. Assessment of the differences in the *physical*, chemical and phytochemical *properties* of four *strawberry* cultivars using principal component analysis. *Food Chemistry*, 194 (1): 828-834.

Samimi Akhijahani, H. and J. Khodaei. 2011. Some physical properties of strawberry (Kurdistan varity). *World Applied Sciences Journal*, 13 (2): 256-212.

Samimi-Akhijahani, H., Arabhosseini, A., Kianmehr, M.H. 2017. Comparative quality assessment of different drying procedures for plum fruits (*Prunus domestica* L.), *Czech J. Food. Eng*. 35: 449–455.

Strum, K., D. Koron, and F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending maturity stage. *Food chemistry*, 83: 417-422.

Tabatabaikoloor, R. 2014. Bio-mechanical behavior of kiwifruit by fruit orientation and storage conditions. *International Conference Agricultural Engineering, Zurich*, 6-10 July.

Taghavi, T. 2005. Strawberry Production Guide. Sana. Tehran. (In Farsi)

Voca, S., N. Dobricevic, V. Dragovic-Uzelac, J. DuralijaDruzic, Z. Cmelik, and M .S. Babjelic. 2008. Fruit quality of new early ripening strawberry cultivars in Crotia *Journal of Food Technology and Biotechnology*, 46: 292-298.

Wang, S.Y., G. J. Galletta, and J.L. Mass. 1997. Chemical characterization of 24 strawberry cultivars and selection *Journal of Small Fruit & Viticulture*, 5: 21-36

Wojdylo, A., A. Figiel, J. Oszmianski. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57: 1337–1343.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 17- 27

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1399 ص. 27-17

Physical, mechanical and chemical properties of strawberry variety of *Parus* at different classes

F. Fatehi[1], A. Mahmoudi[2*], A. Hosseinpour[3], H. Samimi Akhijahani[4]

Received: 2019.03.06
Accepted: 2019.06.23

Introduction: Strawberry is one of the native and small fruits of moderate regions, which its cultivation has been increased in all over the world including Iran. Due to the abundance of vitamin C and mineral materials, it is very useful for some diseaseses. Lack of the knowledge in production management, harvesting, cooling, transportion, storage, marketing and processing equipments and connection between these different parts are the main problems throgh industrial production of strawberry fruit (Salami et al., 2010). According to the various studies, the parameters such as color, shape, size and mass are not sufficient for the consumer to purchase the fruit (Abbot, 1991). They would like to have more information about the fruit which is supposed to be purchased (Voca et al., 2008). Several researchers have been investigated physical and chemical properties of different varieties of strawberry fruit (Wojdylo et al., 2009; Salamat, 2011; Nemzer et al., 2018). According to the litrature, any international standard classification for *Parus* strawberry (which is mostly cultivated in Iran) based on physical and chemical was not found. In this study, some physical, mechanical and chemical properties of strawberry fruit *Parus* variety, as well as the relationship between them, were investigated. The classification was performed based on the appearance features including color and size with the opinion of the expert in six classes.

Materials and methods: In Kurdistan province strawberry fruit is often grown in open area and cultivated areas of *Parus* variety due to many reasons are increasing. To classify the strawberries, six classes were considered. Physical and mechanical properties such as dimensions, density, porosity, stiffness and biological yield point were measured at least at five replications. The porosity of the strawberries was also calculated through the division of the difference between actual and apparent density to actual density. Also, the stiffness and biological yield point were measured using Universal Instron Testing Machine (Zwick/Roll). Chemical properties of *Parus* strawberry including vitamin C, acidity, total soluble solids and flavor index were investigated at five replications.

Results and discussions: The analysis of variance showed that all chemical properties including ascorbic acid, acidity, total soluble solids, and flavor index, were strongly influenced by the class. The LSD mean comparison showed that the highest levels of vitamin C were related to the ripe fruits which had a direct relationship with fruit size. The acidity values between the classes varied from 0.55 to 1.08, and the lowest value was related to the first, second and third classes, respectively. The total soluble solid material (TSS) was affected by some factors: sugar (as main part), organic acid and organic pectins and was increased by growing strawberries and increasing the amount of sugar. For the first, second and third classes, TSS was higher than those of the fourth, fifth and sixth clases. The flavor index value for the lower classes (first, second and third) is higher than the higher classes (almost 2 times). The analysis of variance for all physical and mechanical properties indicated that all parameters are affected by the classes. Due to its more soluble materials, the maximum value for actual density was related to the third and second classes, respectively. The apparent density of agricultural products depends on various factors such as geometric shape, size, surface properties, moisture content and measurement method. The apparent density for the first and fourth classes were 561.743 and 498.408 $gr.mm^{-3}$, respectively. The maximum and minimum value of stiffness was related to first (about 5.2 $N.mm^{-2}$) and fourth (about 28.2 $N.mm^{-2}$), respectively. For biological yield the maximumvalue was related to the fourth class, as well.

Conclusion: In this study, the classification of strawberry, variety of *Parus* was investigated based on physical, mechanical and chemical properties. All properties were affected by changing the classes. The results of this research can

1 and 2. Former M. Sc student and Associate Professer, Department of Biosystem Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Assistant Professer of Department of Biosystem Engineering, University of Urmia, Urmia, Iran.
4. Akhijahani, Professer of Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: mahmoud.as@tabrizu.ac.ir)

be used to design and construct post-harvest and sorting mechanisms of agricultural products which require comprehensive information about physical, mechanical, chemical properties.

Keywords: Physical and mechanical properties, Stiffness, Flavor index, Biological yield point.